



Александр Григорьевич Мержанов (27.11.1931–31.07.2013)

Начиная рассказ о жизни выдающегося ученого и замечательного человека, академика Александра Григорьевича Мержанова, авторы понимают обширность темы. О Мержанове надо писать книгу, и мы надеемся, что когда-нибудь она будет написана историками науки. В этой небольшой статье нам хотелось бы лишь обозначить некоторые, наиболее примечательные, на наш взгляд, научные достижения и черты характера Александра Григорьевича, которого ученики и сотрудники называли кратко – «АГ».

До ХимФизический период (1937-1954)

Александр Григорьевич Мержанов родился 27 ноября 1931 года в районе “Нахичевань”¹ города Ростова-на-Дону, в семье преподавателя статистики Ростовского финансово-экономического института Григория Сергеевича Мержанова и домохозяйки Тамары Николаевны. “Нет, я армянин” – отвечал Мержанов на вопрос о своей национальности [1]. В 1939 году поступил в школу. Любимым предметом была география, а одним из любимых увлечений – театральный кружок. Обладая отличной памятью, он быстро схватывал суть предметов, учился легко. Даже во время оккупации

¹ Историческая справка: до 1928 года город Нахичевань-на-Дону, который был основан армянами, переселёнными из Крыма по указу Екатерины II от 14 ноября 1779 года.

Ростова немецкими войсками продолжал заниматься и закончил школу без потери года в 1949 году с серебряной медалью.

В этом же году Мержанов поступил на физико-математический факультет Ростовского государственного университета (РГУ, в 2006 году реорганизован в Южный Федеральный Университет.), в группу физиков. Всю свою жизнь он с гордостью и благодарностью вспоминал свою Альма-матер, выделяя два основных момента. Первое, это подход к обучению – «не просто запоминать известное, а добывать знания». Второе, это друзья, которых он приобрел за годы учебы. Потом некоторые из них, такие как Вадим Васильевич Барзыкин и Сейран Арташесович Бостаджиян, работали бок о бок с Мержановым всю оставшуюся жизнь. Здесь же зародились пристрастия к спорту: настольный теннис, волейбол, шахматы. Но об этом чуть ниже. Интересно, что тема дипломной работы звучала так: «Нелинейные свойства титаната бария». Словно само провидение впервые связало физика Мержанова с наукой о материалах.



Выпускник Ростовского
Университета

Молодому человеку, который на лекциях по квантовой физике «составлял новые дифференциальные уравнения с поисками новых спецфункций», конечно было неинтересно на Ереванском электроламповом заводе, куда он поехал согласно официальному распределению. Но оттуда его с удовольствием открепили, так как сами не понимали, что делать со специалистом такого профиля [1]. И тут проявилась еще одна отличительная черта Мержанова –

самостоятельность. Не имея знакомых в Москве, он решил поехать в отдел молодых специалистов Президиума Академии наук.

Московская ХимФизика (1954-1960)

Не имеет смысла переписывать интригующие события поступления Мержанова в Институт Химической Физике, включающие собеседования на конкурсной основе – все это живо отражено в его воспоминаниях [1]. Он стал младшим научным сотрудником Института со стажем работы от 11 октября 1954 года. Молодой исследователь был определен в группу Федора Ивановича Дубовицкого, что на долгие годы определило судьбу Мержанова. Его первая научная задача заключалась в изучении безопасности мощных взрывчатых веществ (МВВ) с позиции теории теплового взрыва.

Теория теплового взрыва основана на решении системы уравнений теплопроводности с тепловым источником и кинетики рассматриваемой реакции, при определенных граничных условиях, для различных геометрий (плоская, цилиндрическая, сферическая). Решением этой задачи занимались такие корифеи науки как Николай Николаевич Семенов [2], Оскар Моисеевич Тодес [3, 4], Давид Альбертович Франк-Каменецкий [5, 6]. В такой ситуации логично предположить, что молодой ученый должен штудировать классические работы и пытаться использовать полученные критические параметры для оценки взрывоопасности МВВ. Мержанов поступил иначе – он стал решать задачи, не «подглядывая» в оригинальные статьи. Так он самостоятельно «открыл» преобразования экспоненты по Франк-Каменецкому [7] и в точности повторил стационарную теорию теплового взрыва Семенова [2]. В ходе этой работы, рассматривая нестационарную систему уравнений, описывающих тепловой взрыв для автокаталитических реакций, он обнаружил, что в определенных условиях, такая реакция может самоускоряться и в изотермических условиях. В этом случае процесс протекания реакции состоит как бы из ряда равновесных, стационарных положений, при этом переход от одного к другому

осуществляется за счет изотермического изменения скорости реакции. Критерием квазистационарности процесса является малая скорость теплонакопления по сравнению со скоростью тепловыделения. Описание нового квазистационарного режима протекания взрывных реакций и стало основой первой публикации Мержанова [8]. Для обсуждения работы Мержанов был представлен директору Института Н.Н. Семенову. Как вспоминает Мержанов, «Николай Николаевич слушая мой рассказ, сильно возбудился и все время задавал один и тот же вопрос: Почему Оскар (О.М. Тодес) этого не сделал? Но новизну полученного результата признал» [1]. Еще больше поразила молодого ученого встреча с Я.Б. Зельдовичем: едва услышав идею работы, тот сам стал рассказывать, что было сделано.

В этом же году вышла совместная статья с первым авторством В.В. Барзыкина, где была аналитически решена краевая задача в теории теплового взрыва для бесконечного цилиндра с произвольным значением параметра теплообмена (Bi) на границе [9]. Эта задача была решена для $Bi \ll 1$ (термическое сопротивление зоны реакции существенно меньше термического сопротивления внешней теплопередачи) Семеновым в 1928 году [2]. Для другого предельного случая ($Bi \gg 1$ и очень высоких энергий активации реакции) критерии теплового взрыва были найдены Франк-Каменецким [5]. Работа Барзыкина и Мержанова как бы «объединила две теории, отдав каждой из них по предельному случаю» [1]. Эта публикация знаменита еще тем, что ее первый автор «взял» интеграл, который Франк-Каменецкий считал «не берущимся», будучи при этом еще не допущенный к основной работе – он работал в библиотеке, ожидая пропуска в Институт. Здесь можно остановиться, чтобы показать характеры двух друзей. Александр Григорьевич назвал главку в книге своих воспоминаний, посвященную этой работе, «Триумф Вадима Барзыкина» [1]. А вот как

рассказывал об этом сам Вадим Васильевич: «От нечего делать я пошел в библиотеку, взял справочник Э. Камке и нашел там решение». Если читателю покажется, что АГ преувеличивал вклад Барзыкина, предлагаем ему самостоятельно обратиться к этому справочнику и попытаться найти решение соответствующей проблемы. Уверяем вас, это не так просто. В.В. Барзыкин действительно сделал нетривиальную работу, и Мержанов был прав, высоко оценивая достижение своего друга. Но В.В. Барзыкин всегда был противником патетики, ценил в людях то, что они могли реально сделать, без романтических «амбиций». Нам кажется, что несмотря на различие характеров, Вадим Барзыкин был самым близким другом Мержанова до конца своей жизни.

Вскоре вышли новые работы Мержанова [10, 11], которые внесли значимый вклад теперь и в теорию горения порохов. Согласно классической работе Зельдовича, опубликованной в 1942 году [12], горение пороха протекает за счет слабо экзотермических реакций в конденсированной фазе, продукты которых сгорают за счет сильно экзотермических реакций в газовой фазе. При этом ведущей стадией является взаимодействие в газовой фазе. В Химфизике работали два выдающихся специалиста в области взрывчатых веществ (ВВ): Павел Федорович Похил – руководитель отдела ВВ и Александр Федорович Беляев – блистательный экспериментатор. Они придерживались разной точки зрения на механизм горения порохов. Беляев считал, что ведущая стадия горения находится в газовой фазе. Согласно представлениям Похила волна горения имеет три зоны тепловыделения: конденсированную, дымо-газовую и газовую. При этом промежуточная зона важна (но как – неясно) и образуется за счет диспергирования исходного пороха. О том, кто оказался прав, и как Мержанов «примирил» стороны, АГ написал в своих воспоминаниях ([1], с. 37-38).

Краткий анализ этих статей позволяет заключить, что автор склонялся к мнению, что процессы, протекающие в конденсированной фазе, очень важны для понимания механизма горения порохов. В первой работе в приближении Зельдовича (пренебрегая теплом, идущим на прогрев пороха в зоне реакции) были получены аналитические формулы, позволяющие оценить ширину зоны реакции и скорости реакции в конденсированной фазе [10]. Во второй работе сделан вывод, что для объяснения наблюдаемых скоростей горения необходимо учитывать диспергирование пороха [11]. Эти публикации, связанные с механизмами горения в конденсированной фазе, позже стали основной областью интересов АГ и в конечном итоге привели к открытию «твердого пламени».

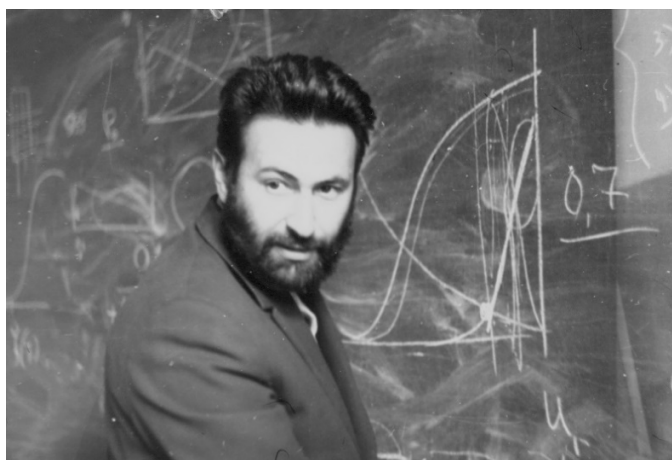
1960 год совпал с защитой кандидатской диссертации на тему «Исследование теплового взрыва конденсированных систем» и переездом в Черноголовку. Для работы с крупными зарядами взрывчатых веществ Н.Н. Семенов задумал создать полигон недалеко от деревни Черноголовки в 18 километрах от г. Ногинск (Московская область), назначив директором-организатором Федора Ивановича Дубовицкого.

Черноголовка до открытия твердого пламени (1960-1967)

Переезд в Черноголовку совпал с переменной тематики работ по горению и взрыву: Институт стал заниматься проблемой твердых ракетных топлив (ТРТ). ТРТ оказались очень удобным объектом для экспериментальной проверки теоретически предсказанных механизмов горения. Это был еще один, посланный судьбой, шаг к открытию твердого пламени.

Мержанову было предложено создать новую лабораторию воспламенения и перехода горения в детонацию. Так он стал самым молодым заведующим лабораторией в Академии наук СССР. В это время сложился

очень сильный коллектив молодых единомышленников. В него вошел уже



Самый молодой заведующий лабораторией в Черногловке

известный нам Вадим Васильевич Барзыкин. Первым сотрудником был Василий Георгиевич Абрамов – выдающийся экспериментатор, занимающийся диагностикой теплового взрыва, а в последствии, отдавший много сил проблеме компьютеризации обработки экспериментальных данных. Эрик Иванович Максимов: именно его

работы с Мержановым по механизму горения нелетучих ВВ привели к таким важным понятиям, как широкие зоны горения и несовпадение положений максимумов скоростей тепловыделения и реакции [13], ставшими позже краеугольными камнями теории СВС. Андрей Константинович Филоненко – тонкий экспериментатор, впоследствии открывший явление спинового горения [14]. Чуть позже пришел Борис Изикильевич Хайкин – ученик знаменитого физика-гидродинамика В.Г. Левича. Они с Мержановым создали теорию волн горения в гомогенных конденсированных средах. Их классический обзор по данной теме до сих пор является настольной книгой исследователей в этой области науки [15]. Удивляет их умение без большого количества формул, но при этом не теряя в точности, описывать очень сложные физико-химические явления. К ним присоединился и сокурсник Мержанова по РГУ, теоретик-гидродинамик Сейран Арташесович Бостанджиян.

Вскоре полигон был преобразован в филиал Института Химической физики АН СССР. Лаборатория Мержанова продолжала успешно работать

над проблемой теплового взрыва. Расширением области применения теории явилось численное интегрирование общей нестационарной задачи. И в этих исследованиях, как отмечается в книге Я.Б. Зельдовича с соавторами, «большую роль сыграли работы А.Г. Мержанова, его учеников и сотрудников» ([16], стр. 43). Например, в работе [17] было выполнено численное интегрирование полной задачи с Аррениусской кинетикой, с учетом выгорания. Было установлено, что выгорание приводит к уменьшению скорости тепловыделения в объеме и к увеличению критического размера сосуда. Также было показано, что в этом случае при расчете периода индукции теплового взрыва нельзя пренебрегать временем протекания процесса до достижения температуры предвзрывного разогрева. И период индукции целесообразно определять как время достижения максимума скорости реакции [17].

Мы так подробно остановились на работах АГ в «до-СВС-ную» эру по двум причинам. Во-первых, они показывают, что еще до открытия «твердого пламени» Мержанов внес значительный вклад в науку о горении и взрыве. Во-вторых, это дает понимание того, какие фундаментальные идеи позволили впоследствии создать управляемые технологии на основе таких «плохо управляемых» процессов как самоподдерживающиеся сильно экзотермические реакции.

Открытие СВС и Структурная Макрокинетика (1967 и далее...)

Об истории открытия СВС так много написано и рассказано (в том числе и самими авторами открытия), что не хочется повторяться, поэтому будем кратки. Для решения задачи о механизме горения баллистических порохов Мержанову требовалось найти составы, которые горели бы без образования газового пламени, так называемые «безгазовые» составы. К этой работе он привлек студента-дипломника Валентина Михайловича Шкиро и

молодого специалиста – химика Инну Петровну Боровинскую. Сначала попробовали железоалюминиевый термит, разбавленный оксидом алюминия ($\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al} - \text{Al}_2\text{O}_3$), и в опытах В.М. Шкиро было показано, что скорость горения такого состава не зависела от давления окружающего инертного газа. В поисках более простой системы обратились к ацетилениду (карбиду) меди Cu_2C_2 , который способен взрывообразно разлагаться на твердые медь и углерод, с выделением большого количества тепла. Но синтезировать абсолютно сухое соединение, без кристаллизационной воды, не удалось, поэтому безгазового процесса не получилось. Тогда решили вместо реакций распада использовать реакции синтеза из элементов. Первыми исследованными безгазовыми системами были $\text{Ti} - \text{C}$ и $\text{Ti} - \text{B}$, позже начали изучать и систему $\text{Ti} - \text{N}_2$, с одним твердым и одним газообразным реагентом. Безгазовые составы загораются гораздо труднее, чем пороха, но эту трудность удалось преодолеть, и процесс «твердого пламени» был реализован в эксперименте. Мержанов написал книгу про это интересное фундаментальное явление [18], и до сих пор идея твердого пламени будоражит умы исследователей (смотри обзор [19]).

На этом этапе сработала великолепная научная интуиция АГ. Казалось бы, конкретная научная задача была решена, можно было опубликовать статью и перейти к другим работам. Но Александр Григорьевич мгновенно понял технологический потенциал нового метода синтеза, взяв в руки первый сгоревший образец: «...прошу мне поверить, я сразу же понял, что держу в руках продукцию будущего завода» ([1], с. 62). Первая журнальная публикация состоялась в 1972 году, тогда же было придумано название нового метода – Самораспространяющийся Высокотемпературный Синтез (СВС) [20]. Много лет спустя основные этапы развития СВС были рассмотрены АГ в отдельной книге [21]

Открыв новую область исследований, Мержанов и его коллектив стали с энтузиазмом ее осваивать. Были синтезированы новым методом десятки соединений, обнаружены неизвестные ранее режимы горения (такие как спиновое горение), разрабатывались технологии для производства методом СВС не просто нужного соединения в виде порошка, но плотного материала или изделия. Сам Мержанов называл этот период «счастливые 70-е». Коллектив исследователей, занятых проблемой СВС, быстро увеличивался. Авторам этой статьи посчастливилось именно в этот период прийти на работу в отдел А.Г. Мержанова. Встречая новичка, АГ давал ему возможность пройтись по разным лабораториям и группам, чтобы он сам выбрал тематику, которой хочет заниматься. Группами руководили молодые Саша Питюлин, Слава Мартыненко, Виталий Маслов, Сос Мамян, Сергей Вадченко, и более опытные – Андрей Кузьмич Филоненко, Юрий Михайлович Григорьев, Виталий Николаевич Блошенко... Работали увлеченно, задерживаясь в лабораториях до 10 – 11 часов вечера, так что дежурному по корпусу приходилось чуть ли не силой выгонять самых упорных, чтобы закрыть и опечатать здание. Почетно и ответственно было выступить на семинаре Отдела, чтобы доложить свои результаты и получить заслуженную дозу критики. Критика, как правило, была не обидной, но полезной, поэтому с семинаров люди уходили с новыми идеями и желанием поскорее снова начать работать. Спустя годы, повидав много научных лабораторий и университетов по всему миру, мы можем твердо сказать, что та творческая атмосфера, которую создал АГ в своем отделе, была уникальной.

Очень скоро Мержанов понял, что для развития нового направления, связанного с синтезом материалов, необходимо проводить материаловедческие, структурные исследования. Был налажен

рентгенофазовый анализ, металлография, а когда пришли первые крупные деньги на оборудование, был приобретен «Суперпроб» – сканирующий электронный микроскоп с возможностью микроанализа. Тогда это было чудо техники, и чтобы оно исправно работало, группу «Суперпроба» в лаборатории И.П. Боровинской возглавил Юрий Андреевич Гальченко, человек яркий, способный решить любую организационную проблему. Как известно, такие приборы приходят в виде отдельных частей и деталей, упакованных в специальные ящики, и собираются на месте. Осуществлять монтаж, пуск и наладку мог только инженер японской фирмы JEOL, изготовившей прибор. Но Черноголовка была закрыта для иностранцев. Как быть? Решили установить, собрать и наладить прибор в Москве, что японский инженер и сделал. А затем Ю.А. Гальченко организовал уникальную операцию по перевозке электронного микроскопа в собранном виде из Москвы в Черноголовку. Впереди, на Волге с «мигалкой», ехал Гальченко и вез самую хрупкую часть прибора – компьютерную управляющую стойку. Следом, со скоростью не более 20 км/час двигался грузовик, где на подушках из автопокрышек и поролона покоился Прибор. На всем пути до Черноголовки скорость движения была постоянной, ГАИшники отдавали честь, за грузовиком выстроилась длинная колонна машин, но обгонять никто не решался. В Черноголовке прибор ждали все мужчины отдела Мержанова. Руководимые старшим научным сотрудником, а по совместительству опытным бригадиром летних стройотрядов Удо Израилевичем Гольдшлегером, они практически на руках донесли и мягко установили прибор (около тонны весом) в лаборатории. Через два дня «Суперпроб» заработал и выдал паспортные характеристики по точности и пространственному разрешению. Основываясь на результатах структурных

исследований, А.Г. Мержанов разработал концепцию Структурной Макрокинетики [22, 23].

ИСМАН

Работа в ФИХФ и развитие метода СВС шли успешно, при большой поддержке Федора Ивановича Дубовицкого. Началось строительство новой площадки для исследований и опытного производства по тематике СВС в Черноголовке. Но А.Г. Мержанову становилось тесно в Отделе макрокинетики, он стремился к более масштабной деятельности. Первым шагом стало создание Сектора Макрокинетики и Газодинамики, который был сформирован решением Н.Н. Семенова из отделов А.Н. Дремина и А.Г. Мержанова. В то время секторы были самыми крупными научными подразделениями в ИХФ, каждый из них включал в себя несколько отделов и мог стать зародышем нового института (до создания сектора МиГ отдел Мержанова находился в секторе Дубовицкого). Создание нового сектора было воспринято Федором Ивановичем, мягко говоря, неоднозначно. Поддержка сменилась противостоянием. Позднее в своих воспоминаниях Ф.И. Дубовицкий писал, что он хотел сохранить Мержанова для науки: «Я все время считал, что А.Г. Мержанова нужно беречь как ученого для продолжения традиционной науки Института химической физики по процессам горения и взрыва...» ([24], с. 609).

Мержанов воспринимал это несколько иначе, и назвал соответствующую главу своих воспоминаний «Как в кошмарном сне» [1]. Мы, в то время молодые ученые, как и все сотрудники Мержанова, были всецело на его стороне и хотели помочь, но нас никто не спрашивал. Только щепки и искры долетали до нас сверху, оттуда, где шла битва корифеев. В этой битве АГ выстоял и победил. Ему помогли его бойцовский характер, верные друзья и, конечно, его супруга и опора Инна Петровна Боровинская.

Решение принималось на самом высоком Государственном уровне, и в 1987 году был создан Институт структурной Макрокинеки Академии наук (ИСМАН). Институт расположился на той самой площадке, которая начала создаваться в ФИХФ для исследований процессов СВС. Сейчас нам, конечно, не подобает становиться судьями в этом споре крупных научных деятелей и сильных характеров. Вероятно, каждый из них видел свою правду и боролся за нее. На праздновании 10-летнего юбилея ИСМАН Мержанов вручил Ф.И. Дубовицкому памятную медаль за содействие в развитии СВС.

Почти сразу после создания ИСМАНа, он стал головным институтом Межотраслевого Научно-Технического Комплекса (МНТК) «Термосинтез». Это был именно тот масштаб деятельности, которого хотел Мержанов! Сейчас очень модным стало слово «прорыв»: прорывные результаты, прорывные технологии... Мы не очень хорошо понимаем, что именно имеют в виду современные менеджеры от науки. Но то, что случилось после создания ИСМАН и МНТК, было самым настоящим прорывом: взрывоподобный рост исследований и разработок, мгновенное распространение научных и технологических результатов в Советском Союзе и по всему миру, создание производственных участков. В течение всех лет своего существования «Термосинтез» удерживал Переходящее знамя победителя соревнования среди МНТК (это знамя и сейчас можно увидеть на выставке в ИСМАНе). Трудно предсказать, как сложилась бы судьба СВС, если бы не распался СССР, а вслед за этим не была отменена вся система МНТК...

Для Черноголовки период МНТК имел одно существенное последствие, которое можно назвать коротко: «Мержановские дома». Дело в том, что «золотой век» застройки Черноголовки, когда приезжающие сюда специалисты получали квартиры в течение 3-4 месяцев, давно закончился, а

до начала коммерческого строительства жилья было еще далеко. Поэтому семьи молодых ученых по многу лет жили в общежитиях, их дети подрастали и ходили в школу, а перспективы приобрести собственную квартиру оставались туманными. Паллиативом стали «молодежные жилищные кооперативы» (МЖК), которые позволяли молодым ученым, переквалифицировавшись на время в каменщиков, самим построить многоэтажные дома для себя и для «того парня» (каждый член МЖК должен был построить минимум 2 квартиры), и обрести желанную квартиру для своей семьи. Между прочим, оба автора этой статьи вошли в систему МЖК, и мы можем утверждать, что наша строительная бригада была самой высокообразованной строительной бригадой в мире: только кандидатов наук у нас было больше половины численного состава. Впрочем, сейчас речь не о нас... Создание МНТК позволило АГ получить для Черноголовки лимит на строительство трех многоквартирных домов, в общей сумме 600 квартир! Это стало настоящим подарком для Черноголовки. Дома на Школьном бульваре были быстро построены. Сейчас от них в сторону ИСМАНа протянулся бульвар Академика Мержанова.

Друзья и странствия

Школьная любовь к географии оставалась с Александром Григорьевичем всегда, превратившись в страстное желание путешествовать, видеть новое, знакомиться с новыми людьми и обычаями. Это был не праздный туризм. Везде, где бывал АГ, завязывались новые научные связи, возникали научные и образовательные центры. Не только научный авторитет, но и обаяние личности Мержанова притягивало к нему людей, многие из них становились его друзьями и соратниками на долгие годы. Необъятный СССР давал большие возможности для интересных и полезных поездок.

В Минске установились прочные связи с Институтом тепло- и массообмена, друзьями Мержанова стали В. А. Бородуля, З. П. Шульман и другие белорусские ученые, и эта дружба выдержала все административные и даже геополитические пертурбации. Одному из авторов этой статьи в 2006 году довелось наблюдать, как тепло принимали Александра Григорьевича в Национальной академии наук Беларуси, а Зиновий Пинхусович Шульман звал его к себе домой и накормил фаршированной рыбой. Ученики Мержанова и сейчас продолжают сотрудничество с белорусскими коллегами: участвуют в Минских международных форумах по тепломассообмену, выполняют совместные проекты.

Армению Александр Григорьевич называл своей исторической родиной и много бывал в этой гостеприимной южной республике. В Ереване возник Центр СВС, а Всесоюзные школы-семинары по СВС регулярно проводились в самых живописных местах Армении: Арзакане, Цахкадзоре, Дилижане, Кировакане, Агавнадзоре. Студенты и молодые специалисты из Армении приезжали в Черноголовку на обучение; некоторые затем вернулись в Армению, часть осталась работать в отделе Мержанова, многие разъехались по разным странам, став основой «диаспоры» учеников АГ в мире. Член-корреспондент Национальной академии наук Республики Армения Сурен Левонович Харатян так вспоминает о своей первой встрече с Мержановым: «В 1971 году, закончив учебу в университете, я поступил в аспирантуру в лабораторию ИХФ НАН РА. Тогда АГ был в Ереване и предложил мне поехать в Черноголовку и заняться исследованием макрокинетики недавно открытых новых процессов гетерогенного горения – СВС. Я поинтересовался, делается ли что-нибудь или намечается делать на молекулярном уровне? Он сказал: «Вот этим, если хочешь, можешь ты заниматься». Так я понял, что работать с АГ будет легко, всегда будет

свобода выбора интересов, конечно, в рамках общей направленности работ. В годы нашей дальнейшей совместной многолетней работы я неоднократно убеждался в этом». За разработку и внедрение технологии СВС дисилицида молибдена на Кироваканском заводе высокотемпературных нагревателей Мержанов с соавторами был удостоен Государственной премии Армянской ССР. В 2004 году АГ был единодушно избран иностранным членом НАН РА. Свой 75-летний юбилей Александр Григорьевич отмечал в Ереване.



На заседании, посвященном 75-летию юбилею А.Г.Мержанова в Президиуме Национальной академии наук Республики Армения.

Ереван, 2006 год.

Аспирант Мержанова, томич Юрий Михайлович Максимов после защиты вернулся в Томск и организовал группу СВС, которая впоследствии превратилась в один из ведущих мировых научных центров в данной области. Исследования сибирских ученых по горению металлических сплавов в азоте привели к созданию многотоннажного производства азотированных ферросплавов, имеющих огромное значение для производства

специальных статей. В томском центре были экспериментально обнаружены такие интригующие явления, все еще ждущие теоретического объяснения, как генерация рентгеновского и жесткого ультрафиолетового излучения, а также высокоэнергичных электронов в процессах твердопламенного горения. Александр Григорьевич внимательно следил за работами Томского центра СВС, помогал его развитию, гордился успехами томичей. Профессор Ю.М. Максимов стал его близким другом и соратником в научной и организационной деятельности.

Говоря о своих поездках в Казахстан и сотрудничестве с казахскими учеными, АГ особо выделял два имени: Георгия Ивановича Ксандопуло и его ученика Зулхаира Аймухаметовича Мансурова. Генеральный директор Института проблем горения в Алма-Ате, профессор З.А. Мансуров хорошо запомнил обстоятельства защиты своей докторской диссертации «Неизотермические холодные пламена углеводородов», которая проходила в 1990 году в Черноголовке, в Диссертационном совете под руководством А.Г. Мержанова: «Александр Григорьевич оказал мне существенную поддержку. Назначил куратором выдающегося ученого в области цепных реакций Вилена Вагаршевича Азатяна. После детальной проработки материала и жаркой дискуссии на семинаре института работа была представлена в Совет. При ответах на замечания ведущей организации и по автореферату я не соглашался с каждым замечанием и начал давать пояснения, и тогда Георгий Иванович Ксандопуло шепнул: «Зулхаир, ты хоть с некоторыми замечаниями соглашайся». Подводя итог защите, А.Г. Мержанов отметил, что выполнен большой объем экспериментальных работ, получены интересные новые данные, которые являются хорошим материалом для теоретиков». Серьезным практическим достижением казахских ученых стало создание огнезащитных вспенивающихся красок, в которых теплоизолирующий слой, образующийся

при пожаре, препятствует прогреву металла и сохраняет его конструкционную прочность. В Алма-Ате Мержановым и его казахстанскими коллегами были организованы несколько симпозиумов, которые оказали большое влияние на развитие науки о горении и распространение метода СВС во всем мире. Среди них Симпозиум по горению и взрыву (1980 г.), в котором приняли участие Н.Н. Семенов и Я.Б. Зельдович, а также Первый Международный симпозиум по СВС (1991 г.). Это был первый форум, на котором создатели и разработчики СВС встретились с представителями мировой науки. Александр Григорьевич организовал поездку большой делегации ученых из Черногловки, Москвы, Сибири: для нее был даже зафрахтован специальный ТУ-134, и мест все равно не хватило! Нам, молодежи, пришлось добираться обычными рейсами Аэрофлота. На симпозиуме научное лидерство Школы Мержанова было не просто очевидным, оно было подавляющим. Несмотря на слабый английский, наши ученые выступали в роли гуру от СВС, а их коллеги из США, Франции, Японии, Китая, Кореи и других стран внимали, как смиренные ученики. Все это происходило на фоне знаменитого казахского гостеприимства, посоперничать с которым может разве что гостеприимство армянское... Или грузинское... Или русское... Короче, умел АГ организовывать научные форумы! После такого успеха центры СВС стали расти как грибы по всему миру, а Симпозиумы по СВС стали традиционно проводиться через каждые два года в разных странах, и проводятся до сих пор. Там же, в Алма-Ате, АГ встретился с президентом издательства Аллертон Пресс (Allerton Press, Ink.) Эдвардом Майклом и договорился о начале издания Международного журнала по СВС, который выпускается и сейчас.

Вряд ли в рамках одной статьи можно даже кратко рассказать о всех поездках и друзьях АГ «от Москвы до самых до окраин», поэтому придется перейти на телеграфный стиль. В Москве в 1989 году был организован Научно-учебный центр СВС (НУЦ СВС) «МИСиС – ИСМАН», которым бессменно руководит ученик Мержанова профессор Евгений Александрович Левашов. Инженерный Центр СВС был основан в 1988 году в Самарском Государственном Техническом Университете (СамГТУ, до перемены названия – Куйбышевский Политех), директором Центра стал профессор Александр Петрович Амосов, который поработал до этого в качестве прикомандированного студента, аспиранта и научного сотрудника в лаборатории Мержанова. Оба центра, московский и самарский, стали источниками ценных специалистов в области горения и СВС, некоторые из этих стажеров стали жителями Черноголовки. Стажеры А.Г. Мержанова Гиоргий Фердинандович Тавадзе (ныне академик НАН Грузии, директор Института металлургии им. Ф.Н. Тавадзе) и Георгий Шотаевич Ониашвили стали лидерами СВС в Грузии. В 2017 году они организовали очередной Международный Симпозиум по СВС в Тбилиси, на котором памяти А.Г. Мержанова был посвящен специальный круглый стол. Путешествуя по Камчатке, АГ вместе со своим другом из Ленинграда Александром Семеновичем Штейнбергом (позже профессор Штейнберг был завлабом в Отделе Мержанова и в ИСМАНе) и его братом, вулканологом Генрихом Семеновичем Штейнбергом, придумали теорию работы гейзеров [25]. Еще было сотрудничество с материаловедцами Украины, где начали производить абразивные пасты на основе карбида титана, а сам Мержанов едва не стал директором киевского Института сверхтвердых материалов. Были поездки в Баку и организация опытного производства СВС-карбида титана. Была работа по организации Всесоюзных симпозиумов по горению в разных

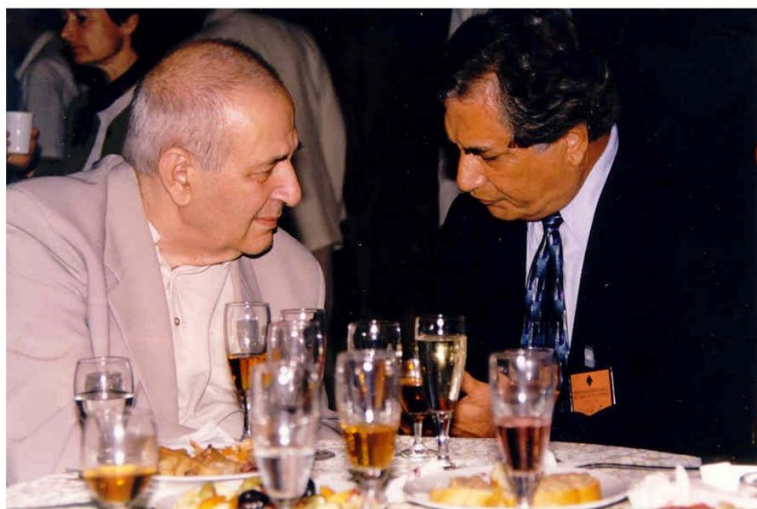
городах СССР... Более подробно о всех этих событиях можно прочитать в книгах АГ [1, 21].

Разумеется, Александр Григорьевич не хотел ограничиваться только поездками по Советскому Союзу. Его мечтой было посмотреть и другие страны. В молодости возможности загранпоездов для АГ были ограничены в связи с его работами по оборонным тематикам. Поэтому, когда в конце 80-х годов границы для него открылись, Мержанов стал с энтузиазмом наверстывать упущенное. Оказалось, что харизма АГ работает и, так сказать, «в мировом масштабе»! Как ранее при поездках по стране, теперь по всему миру в местах, где побывал АГ, начинались исследования по СВС, завязывались научные и дружеские связи. Добрые, дружеские отношения установились у АГ с Романом Пампухом, профессором Горно-металлургической академии имени Станислава Сташица в Кракове. В 90-х годах Мержанов был избран членом Академии Керамики, штаб-квартира которой находится в Италии (г. Фаенза), а затем стал Президентом международного комитета советников этой Академии (International Advisory Board). Первое, что сделал АГ на этом посту, – предложил переименовать Академию в Мировую Академию Керамики (World Academy of Ceramics, сокращенно WAC)! Действительно, в мире существуют разные национальные и региональные керамические общества: Европейское, Американское, Керамическое общество Японии и т.д., но только Академия Керамики объединяет ученых и технологов из всех стран. «Как вы яхту назовете, так она и поплывет»... С новым названием WAC стала, и остается до сих пор, еще более престижным сообществом, вступить в которое стремятся ученые-керамисты со всего мира. При этом Александр Григорьевич, вместе с другими российскими членами WAC, академиками РАН Ю.Д. Третьяковым и В.Я. Шевченко, член-корр. РАН С.М. Бариновым,

проф И.П. Боровинской, а также при поддержке своего друга Председателя WAC доктора Пьетро Винчензини (Pietro Vincenzini), многое делал для того, чтобы расширить представительство ученых из России в Академии.

Отношения АГ с американскими учеными нельзя назвать простыми: здесь было и плодотворное сотрудничество, и соперничество, а иногда дело доходило до прямого противостояния. Американские ученые (и не только ученые) во всем стремятся стать «Number One», и возможности у них для этого имеются, по крайней мере финансовые. Но Мержанов считал, что в области СВС лидерство должно всегда принадлежать Российской научной школе. АГ ревниво относился к тому, что американцы «переманивали» его лучших сотрудников и учеников в свои университеты и лаборатории, а также боролся за то, чтобы пионерские работы российских ученых в полной мере цитировались в международных журналах. Интересна история взаимоотношений АГ с профессором Калифорнийского Университета в Дейвисе, одним из лидеров в области синтеза материалов с использованием горения в США и в мире, Зухайром Муниром (Zuhair Munir). На Международном симпозиуме по СВС в Китае в 1995 году, Мунир выступил с предложением переименовать СВС – использовать название «синтез горением» (combustion synthesis). Объяснял он это тем, что английское название СВС – Self-propagating High-temperature Synthesis – трудно произносимо, а также тем, что синтез в режиме теплового взрыва нельзя назвать «самораспространяющимся». Разгорелась дискуссия. Мержанов отстаивал право первооткрывателей процесса дать ему такое название, которое они считают наилучшим. Он даже опубликовал статью, в которой показывал, что распространение реакции может происходить не только в автоволновом режиме, но и в режиме теплового взрыва. Отношения между двумя лидерами стали напряженными. Только в 2002 году, на

Материаловедческом форуме CIMTEC в Италии, Мунир подошел к Мержанову, и они помирились (этот момент представлен на фото). В настоящее время термины CBC (SHS) и Combustion Synthesis (CS) используются как синонимы.

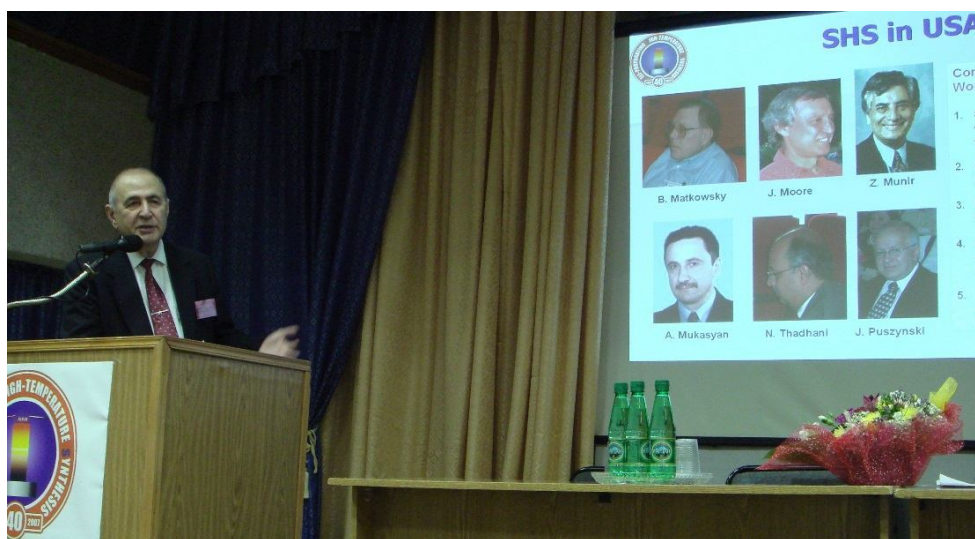


Разговор с З. Муниром на CIMTEC-2002, недалеко от Флоренции.

На наш взгляд, эта история не случайна, и хорошо отражает характер АГ: для него работа и личные отношения были неразрывны. Соратники в работе становились его друзьями, но если взгляды на дело расходились, угасала и дружба. Похожие случаи были и с другими американскими учеными, профессорами Владимиром Главачеком, Арвиндом Вармой, Владимиром Матковским. Но со многими другими исследователями из США, например, с Ричардом Сприггсом, Яном Пушинским, Нареши Тадани и другими Мержанов всегда поддерживал ровные, добрые отношения.

Нам довелось общаться со всеми этими учеными, и можем подтвердить, что они все относились (и относятся) к Александру Григорьевичу с огромным уважением, всегда признавали его выдающийся

вклад в науку, даже если АГ на них за что-то обижался. Важно отметить, что даже расходясь с кем-либо во мнениях, АГ, как истинный ученый, старался объективно оценивать научный вклад этого человека и никогда не говорил про него гадости, тем более их не делал. Например, когда сотрудник возвращался из поездки по Америке, любимым вопросом АГ был: «Кто теперь главный по СВС в Штатах?» Так было и с другими странами. В своих пленарных докладах на симпозиумах и конференциях, в своих научных обзорах, Мержанов давал четкую классификацию и честную оценку исследований по всему миру, роли каждого лидера различных направлений.



Конференция, посвященная 40-летию СВС. 2007 год, Черноголовка, АГ решает вопрос: «Кто главный по СВС в Штатах?»

«Восток – дело тонкое», повторял АГ фразу из знаменитого кинофильма. Но ему удавалось найти общий язык с учеными и в Японии (Минцуе Коизуми, Йошинари Миямото, Осаму Одавара и др.), и в Китае (Р.-З. Юань, Чанг-Чун Ге, и *многие* другие), и в Индии (Кашинат Патил и др.), и в Южной Корее. Инициированные Мержановым исследования по СВС в этих

странах продолжают развиваться, о чем говорят публикации в международных журналах. Вот только Симпозиум по СВС, который состоялся уже в 14-ти странах, пока не получилось провести ни в Японии, ни Индии, ни в Южной Корее. Видимо, прав был товарищ Сухов: Восток – дело тонкое.

В Технологическом Университете Хельсинки, при поддержке профессора Лилиуса, Мержанов организовал циклы лекций по СВС. Во Франции АГ наладил широкое сотрудничество, проведение Российско-Французских семинаров и Симпозиума по СВС, подписал вместе с профессором Жан-Клодом Ньепсом соглашение о сотрудничестве между ИСМАН и Университетом Бургундии. В Италии исследования по СВС развиваются, в частности, в Университете Кальяри (Сардиния) под руководством профессоров Джакомо Као и Роберто Орру. В 2005 году на Сардинии состоялся очередной Симпозиум по СВС. В Испании работы проводились с технологическим уклоном, был даже создан завод по производству керамических СВС-порошков. Но рынок таких продуктов в Европе оказался перенасыщен, завод пришлось закрыть. Древняя столица Испании, город Толедо принял в 1997 году СВС-симпозиум. Успешно продолжаются исследования в Университете Технион в Хайфе (Израиль). Разумеется, АГ не мог не провести на Святой земле Симпозиум по СВС, и он состоялся в 2002 году в Хайфе, при активной организаторской помощи профессора Елазара Гутманаса и его ученицы Ирен Готман. Мы бы никогда не закончили эту статью, если бы взялись перечислить все поездки АГ по миру и связанные с ними события. Поэтому просим извинения у тех, кого мы не смогли упомянуть в этой краткой статье.

Спортивный характер

«Я вообще люблю соревноваться, дух спортивной борьбы живет во мне», – писал Мержанов в своих воспоминаниях ([1], с. 84). С этим согласятся все, кто хоть немного знал АГ. Истории с организацией ИСМАНа, борьба за мировое признание СВС, показывают, что Александр Григорьевич никогда не сдавался и почти никогда не проигрывал. Это проявлялось не только в больших делах, но и в повседневной жизни, даже в мелочах. Популярной стала история про встречу молодого А.Г. Мержанова с Виктором Львовичем Корчным (гроссмейстер, претендент на звание чемпиона мира по шахматам) в доме отдыха под Ленинградом. При первой встрече он обыграл Корчного на бильярде с разгромным счетом. На следующий день разгромил его в настольный теннис. Далее варианты истории различаются. Некоторые рассказчики утверждают, что после победы в пинг-понг Мержанов предложил Корчному: «Давайте завтра сыграем в шахматы». Но сам АГ говорил, что хотел, но не успел сделать это предложение, так как раздосадованный гроссмейстер быстро ушел. Интересно, знал Владимир Семенович Высоцкий об этом случае, когда сочинял песню про шахматную корону: «Мы сыграли с Талем десять партий/ В преферанс, в очко и на бильярде/ И Таль сказал: такой не подведет»? Скорее всего, не знал, но про спортивный характер спел так, что лучше не скажешь.

Спортивный дух оставался с Мержановым всю жизнь. Бильярдный стол стоял у него дома в Черноголовке, и он охотно приглашал друзей и сотрудников сыграть партию-другую. Одному из авторов этой статьи (АР) посчастливилось стать учеником АГ и в благородной бильярдной игре. Шансы уравнивались тем, что я никогда до этого не держал кий в руках, а Александру Григорьевичу мешали играть болезни, которые досаждали ему в

последние годы. Чаще выигрывал АГ, но иногда и мне удавалось победить, в этом случае он неизменно требовал реванша и не отпускал меня до тех пор, пока партия не заканчивалась в его пользу. Разумеется, о том, чтобы поддаться, «подставить шар», не могло быть и речи (у меня просто мастерства для этого не хватало, да и АГ сразу бы заметил и не одобрил). Так что бились честно и до конца, пока необходимый для победы минимум шаров не ложился в лузы. А лузы в русском бильярде узкие, шары в них неохотно пролезают... Во время игры АГ высказывал много интересных мыслей о будущем науки, о том, как надо организовывать исследования. Некоторые из его мыслей мы постараемся передать в заключительной части этой статьи.



Мержанов не имел автомобиля; в гараже его дома в Черноголовке стоял бильярдный стол.

Мержановская интуиция: взгляд в будущее и «Мысли об Академии»

В научных вопросах Александр Григорьевич обладал феноменальной интуицией. Он безошибочно угадывал новые перспективные направления, когда они только зарождались, и организовывал исследования по этим темам. Так было с многослойными реакционными нанопленками, с эстафетными моделями горения, с горением растворов и другими новыми объектами исследований, которые зародились в конце прошлого века и получили глобальное развитие в веке нынешнем.

В нулевые годы АГ много размышлял о том, как должен быть устроен академический институт и Академия в целом. Результаты размышлений он опубликовал в 2010-2011 годах [26, 27]. Мержанова беспокоило то, что «...состав Академии непрерывно и неуклонно слабеет, так как на место ушедших сильных ученых все чаще и чаще избираются значительно более слабые. Если раньше избирали в Академию сильнейших ученых, которых знала вся страна..., то теперь избирают всех подряд – не только творцов с багажом, но и организаторов, администраторов, крупных начальников в сфере науки, т. е. людей, не имеющих научных заслуг, но занимающих высокое положение» [27]. Мержанов считал, что для решения проблемы «Академия должна разработать крупную программу научного и научно-технического развития России и руководить ею». Он также считал необходимым интеграцию науки и высшего образования, развитие инновационной деятельности Академии.

Для оздоровления Академии Александр Григорьевич предлагал, в частности, довольно радикальную меру – изменение системы выборов в академики. При этом он призывал коллег-академиков не бояться использовать количественные критерии, вроде показателей цитирования и

индекса Хирша: «Понимая условность количественного подхода к оценке заслуг ученого, я, тем не менее, признаю его полезным. Вычеркивая в бюллетенях «да» или «нет» и определяя результат по сумме ответов «да» мы, по существу, используем количественный подход в худшем его исполнении, так как результаты голосования не вытекают из каких-либо критериев, а определяются произвольным желанием голосующего» [27]. Разумеется, это не был призыв выбирать в академию формально, «по баллам». Окончательное решение, считал АГ, должно по-прежнему приниматься членами Академии, но с учетом объективных показателей новизны творчества, результативности деятельности и авторитета ученого. Внимательный читатель может заметить, что те проблемы, которые поднимал АГ за годы до того, как Академия была «реорганизована» сверху и отделена от академических институтов, сейчас встали перед РАН в полный рост. Так может быть стоит прислушаться и к тем предложениям, которые сделал А.Г. Мержанов для решения проблемы?

Заключительное слово

Александр Григорьевич Мержанов ушел из жизни 31 июля 2013 года. В 2017 году основанный Мержановым Институт был назван его именем. Труды Мержанова продолжают широко цитироваться (продолжает расти и его индекс цитирования в РИНЦ и в WoS, – АГ был бы доволен!) и использоваться в научных исследованиях и образовании. Ученый жив, пока его научные идеи живут и помогают добывать новые знания. Значит, АГ по-прежнему с нами, помогает нам в работе, служит примером того, как можно достойно прожить жизнь в науке.

А.С. Рогачев, Черноголовка, Россия

А.С. Мукасьян, Нотр-Дам, США

январь-февраль 2019

Литература.

- [1] А.Г. Мержанов «Лучше быть нужным, чем свободным...» (ответственный редактор академик А.Л. Бучаченко). Издательство ООО «Территория», Черноголовка, 2005 г., 256 с.
- [2] Н.Н. Семенов, Журнал Российского Химического Общества, 1928, 60, 241.
- [3] О.М. Тодес, П.В. Меленьтев, Журнал Химической Физики, 1939, 13, 1594 .
- [4] О.М. Тодес, П.В. Меленьтев, Журнал Химической Физики, 1940, 14, 1026.
- [5] Д.А. Франк-Каменецкий, Журнал Химической Физики, 1939, 13, 738.
- [6] Д.А. Франк-Каменецкий, Журнал Химической Физики, 1946, 20, 139.
- [7] Д.А. Франк-Каменецкий, Диффузия и теплопередача в химической кинетике, Изд. АН СССР, 1947.
- [8] А.Г. Мержанов, Ф. И. Дубовицкий , ДАН, 1958, 120(5), 1068.
- [9] В.В. Барзыкин и А. Г. Мержанов, ДАН, 1958, 120(6), 1271.
- [10] А.Г. Мержанов, Ф. И. Дубовицкий, ДАН, 1959, 129(1), 153.
- [11] А.Г. Мержанов, ДАН, 1960, 135 (6), 1439.
- [12] Я.Б. Зельдович, ЖЭТФ, 1942, 12, 498.
- [13] Э.И. Максимов, А.Г. Мержанов, ДАН, 1964, 157(2), 412.
- [14] К, А. Филоненко, ФГВ, 1975, 11(3) 301.
- [15] A.G. Merzhanov B.I. Khaikin B.I., Prog Energy Combust Sci., 1988, 14, 1.
- [16] Я.Б. Зельдович, ГИ. Баренблат, ВБ.Либрович, ГМ. Махвеладзе, Математическая теория Горения и Взрыва, Наука, Москва, 1980, 478 с.

[17] В.В. Барзыкин, В.Т. Гонтковская, А.Г. Мержанов, С.И. Худяев, ПМТФ, 1964, 3, 118.

[18] А.Г. Мержанов, А. С. Мукасян, Твердопламенное Горение, ТОРУС ПРЕСС, ISBN 978- 5-94588-053-5, Москва, 2007, 336 с.

[19] A. S. Mukasyan, C. E. Shuck, J. M. Pauls, K. V, Manukyan, D.O. Moskovskikh, A.S. Rogachev, "The Solid Flame Phenomenon: A Novel Perspective", *Advanced Engineering Materials*, 2018, 20 (8), Article Number 1701065.

[20] А.Г. Мержанов, И.П. Боровинская, ДАН, 1972, 204(2), 366.

[21] А.Г. Мержанов «40 лет СВС: счастливая судьба научного открытия» (редакторы А.С. Рогачев и А.С. Мукасян), типография ИПХФ РАН. Черногловка, 2007, 210 с.

[22] A.G. Merzhanov, Self-propagating high-temperature synthesis: twenty years of research and findings. – In a book: Combustion and plasma synthesis of high-temperature materials, VCH Publishers Inc., New York, 1990, 1.

[23] A.G. Merzhanov A.S., Rogachev, Structural macrokinetics of SHS processes, Pure and applied chemistry, 64(7), 1992, 941.

[24] Ф.И. Дубовицкий Институт химической физики (очерки истории). Черногловка, 1992 г. Отпечатано во 2-й типографии изд-ва «Наука», 811 стр.

[25] А.Г. Мержанов, А.С. Штейнберг, Г.С. Штейнберг, К теории гейзерного процесса. ДАН, 1970, 194(2), 318.

[26] А.Г. Мержанов Спасти Академию. Троицкий Вариант // «Трибуна» 22 июня 2010 г. № 56. с. 7.
(<http://www.tvscience.ru/2010/06/22/spastiakademiyu/>).

[27] А.Г. Мержанов, «С мыслями об Академии...» Горение и взрыв. Выпуск 4 Под общей ред. д.ф.-м.н. С.М. Фролова. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011, 379.